

---

# PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN ETANOL DENGAN KATALISATOR KOH

*By* Erna Astuti

## **PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN ETANOL DENGAN KATALISATOR KOH**

**Erna Astuti**

Program Study Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Ahmad Dahlan  
Kampus III UAD, Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan Yogyakarta 55164  
E-mail : erna-uad@yahoo.com

### **ABSTRAK**

*Cadangan minyak bumi yang ada di dunia semakin lama semakin berkurang. Oleh karena itu perlu dicari energy alternatif untuk menggantikan posisi minyak bumi. Salah satu di antaranya adalah pengembangan biodiesel sebagai energy terbarukan. Biodiesel dapat diproduksi dari berbagai macam ester asam lemak dari minyak nabati, salah satunya dari minyak kelapa, dimana lahan kelapa Indonesia adalah terbesar di dunia. Penelitian dilakukan dalam labu leher tiga yang dilengkapi motor pengaduk dan pengukur suhu. Reaksi transesterifikasi diawali dengan mencampur minyak kelapa yang telah dipanaskan dengan campuran etanol dan katalis KOH dan mereaksikan campuran tersebut selama 120 menit pada labu leher tiga yang diaduk dengan kecepatan tertentu dan suhu reaksi dijaga konstan. Pada tahap pemisahan dan pengeringan dilakukan pemisahan biodiesel dari gliserol. Selanjutnya dilakukan uji sifat biodiesel. Variabel penelitian ini adalah suhu reaksi dan kecepatan pengadukan. Berdasarkan hasil penelitian biodiesel yang masuk dalam spesifikasi standart dan mutu biodiesel diperoleh pada suhu reaksi 45-55 °C dan kecepatan pengadukan 1100-1600 rpm. Hasil biodiesel terbaik diperoleh pada suhu 55 °C dan kecepatan pengadukan 1400 rpm.*

Kata kunci : energi alternatif, transesterifikasi, biodiesel

### **1. Pendahuluan**

Pemanfaatan minyak bumi dari tahun ke tahun semakin meningkat. Indonesia sebagai salah satu Negara pengekspor minyak bumi, kini telah mengimpor bahan bakar minyak untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri, karena tidak dapat lagi memenuhi permintaan pasar yang meningkat dengan cepat akibat pertumbuhan penduduk dan industri (Hardy Prasetyo, 2002). Untuk menghadapi hal-hal tersebut, berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif. Bahan bakar alternatif tersebut harus memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*), tidak merusak lingkungan, efisien digunakan dan harganya terjangkau.

Sumber-sumber alam yang bisa digunakan untuk bahan bakar *renewable* antara lain tenaga matahari, panas bumi, angin, arus laut, tanaman penghasil minyak bumi, dan lain-lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai minyak nabati memiliki potensi cukup besar sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel (biodiesel), karena memiliki karakteristik yang serupa dengan bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak

bumi (petrodiesel) (La Puppung, 1985). Minyak nabati merupakan alternatif sebagai pengganti minyak bumi yang ramah lingkungan. Karena bebas dari gas SO<sub>2</sub> dan PbO (A.A. Anggraini, 2001).

Biodiesel adalah bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak solar /diesel. Pemakaian biodiesel tidak memerlukan modifikasi mesin, berfungsi sebagai pelumas sekaligus membersihkan injector, serta dapat mengurangi emisi gas karbon dioksida, partikulat berbahaya, dan sulfur oksida. Dibandingkan dengan solar, biodiesel memiliki beberapa keunggulan, yaitu: biodiesel diproduksi dari pertanian, sehingga dapat diperbaharui, memiliki nilai cetane yang tinggi, volatilitas rendah, bebas sulfur, ramah lingkungan karena tidak ada emisi Sox, aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung racun, serta menurunkan ketergantungan suplai minyak Negara asing dan fluktuasi harga (Susilo, 2006).

Penelitian tentang biodiesel sudah banyak dilakukan. Agnes r. Ardiyanti dan Johan Utomo (2003) mempelajari Pengaruh Kejenuhan Minyak, Jenis dan Jumlah Katalis Basa NaOH, KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,

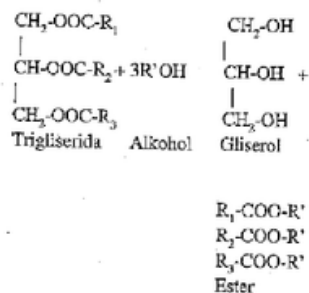
serta Jenis dan Jumlah Alkohol (Methanol dan Etanol) pada produksi Biodiesel. Suhartono dkk (2001) menggunakan minyak goreng bekas sebagai biodiesel melalui proses transesterifikasi. Preparasi biodiesel dari minyak kelapa "BARCO" dengan variasi jumlah NaOH dilakukan oleh Tilani Hamid dan Yudhi Hertanto pada tahun 2003. Biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan memakai katalis NaOH diteliti oleh Edy Purwanto dkk (2006). Dari penelitian ini diperoleh kondisi optimum perbandingan mol minyak terhadap methanol sebesar 1:12 pada suhu 60 °C. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa menggunakan etanol p.a dengan katalisator KOH p.a.

Tujuan dari penelitian adalah mempelajari reaksi transesterifikasi antara trigliserida dalam minyak kelapa dengan etanol, mempelajari pengaruh dari variabel operasi terhadap kualitas biodiesel yang didapat dan mendapatkan kondisi operasi yang sesuai untuk mendapatkan kualitas biodiesel yang memadai sebagai pengganti bahan bakar solar.

## 2. Fundamental

Produksi biodiesel dari tumbuhan yang umum dilaksanakan yaitu melalui proses yang disebut transesterifikasi. Proses transesterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester dengan bantuan monovalen alkohol seperti methanol dan etanol. Secara kimiawi, asam lemak ini merupakan senyawa gliserida. Pada proses transesterifikasi senyawa gliserida ini dipecah menjadi monomer senyawa ester dan gliserol, dengan penambahan alkohol dalam jumlah yang banyak dan bantuan katalisator. Senyawa ester, pada tingkat (*grade*) tertentu inilah yang menjadi biodiesel ([www.beritaipstek.com](http://www.beritaipstek.com)).

Reaksi transesterifikasi (Fangrui Ma and Milford A. Hanna, 1999) :



Proses transesterifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis atau tanpa katalis. Biasanya dalam pembuatan etil ester digunakan katalis homogen, dimana katalis tersebut dapat larut dalam

alkohol dan larutan ini kemudian ditambahkan ke dalam minyak atau lemak, biasanya tanpa pelarut tambahan. Katalis yang biasa digunakan dapat berupa katalis asam seperti asam sulfat (Utomo, 2004; Prakoso, 2003; Hamid dan Hertanto, 2003) maupun katalis basa berupa NaOH (Bakhtiar dkk, 2003). Selain itu digunakan katalis heterogen berupa lempung (Makertihartha, 2005), Catalysts Cu (II) dan Co (II) yang diadsorpsi oleh chitosan (Silva dkk, 2008), dan zeolit (Noiroj dkk, 2008). untuk memproduksi biodiesel juga dilakukan teknik katalisasi biologis dengan berbagai macam biokatalis seperti enzim lipase (Harding dkk, 2007) dan beberapa enzim lain (Fukuda, 2008).

Suhu reaksi sekitar 100 °C diperlukan pada penggunaan katalisator asam, sedangkan bila tanpa katalisator suhu harus lebih dari 250 °C dan tekanan lebih dari 1 atmosfer (Kirk and Othmer, 1980). Proses transesterifikasi dengan katalis alkali, seperti natrium atau kalium hidroksida memberikan keuntungan tambahan yaitu proses dapat dioperasikan pada kondisi temperature rendah. Katalisator basa yang sering dipakai adalah NaOH atau KOH sebesar 0,5 – 1,0 % berat minyak (Swern, 1982). Katalisator KOH lebih reaktif dari pada NaOH, sehingga konversi yang didapat dengan katalisator KOH lebih tinggi dari pada dengan NaOH. Reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis asam-basa menyebabkan reaksi berlangsung *reversible* sampai tercapai kesetimbangan. Reaksi transesterifikasi sering dilakukan dengan menggunakan katalis basa karena menghasilkan laju reaksi yang jauh lebih tinggi daripada katalis asam.

Sebagai reaktan alkohol, umumnya digunakan methanol yang merupakan alkohol paling reaktif. Namun demikian, methanol ini bukan bahan yang terbaru. Etanol merupakan senyawa terbaru karena diproduksi oleh fermentasi glukosa.

## 3. Metodologi penelitian

### A. Bahan

Bahan- bahan yang digunakan adalah minyak kelapa yang mempunyai rapat massa 0,8831 kg/L, etanol p.a mempunyai kadar 99,8% dan rapat massa 0,79 kg/L, dan KOH p.a berkadar 85%.

### B. Alat penelitian

Digunakan rangkaian alat berupa labu leher tiga yang dilengkapi dengan motor pengaduk dan pengukur suhu.

### C. Prosedur penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memanaskan minyak kelapa hingga mencapai suhu reaksi. Pada variabel suhu reaksi, pemanasan dilakukan antara

45-70 °C. Selanjutnya mencampur etanol dengan katalis KOH. Campuran direaksikan dengan minyak kelapa selama 2 jam pada labu leher tiga yang diaduk dengan kecepatan divariasikan antara 1100-1700 rpm. Perbandingan volum minyak kelapa dan etanol 4:1. Kemudian memasukkan larutan ke dalam corong pemisah dan mendinginkan larutan selama 12-24 jam sampai terbentuk 2 lapisan. Selanjutnya memisahkan biodiesel dari gliserol dan mencuci biodiesel yang diperoleh dengan aquades secara perlahan-lahan. Penguapan air pencuci dilakukan dalam oven. Langkah terakhir adalah menganalisa sifat fisis biodiesel. : rapat massa, viskositas kinematik, Flash Point, cloud Point, angka asam dan ilai kalor. Hasil pengujian karakteristik yang akan diperoleh nantinya diharapkan dapat memenuhi standar mutu biodiesel.

#### 4. Hasil penelitian dan Pembahasan

Hasil transesterifikasi minyak kelapa adalah suatu biodiesel berupa etil ester. Setelah didapatkan sampel dan dianalisa sifat fisisnya, kemudian disusun dalam bentuk tabel, dianalisa dan dibandingkan dengan standar mutu biodiesel. Variabel yang diteliti adalah suhu reaksi dan kecepatan pengadukan.

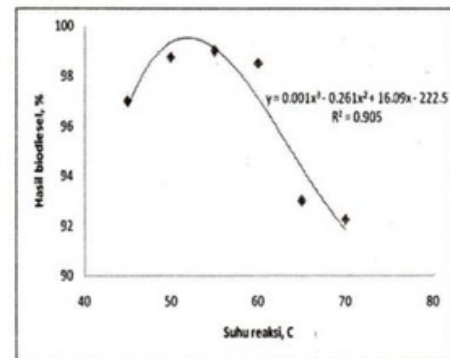
##### A. Pengaruh Variasi suhu

Percobaan dilakukan selama 120 menit, dengan jumlah minyak kelapa 200 ml, etanol 50 ml, katalis KOH sebanyak 1,7gram, dan kecepatan pengadukan 1300 rpm. Suhu reaksi divariasikan antara 45 °C sampai 70 °C.

**Tabel 1. Hasil analisa sifat biodiesel pada variabel suhu**

Suhu, °C	rapat massa, kg/L	Viskositas, mm <sup>2</sup> /s	Flash Point °F	Cloud point, °C	angka asam
45	0,8719	3,7907	237	12	0,0733
50	0,8719	4,1969	244	9	0,0953
55	0,8885	4,4919	244	9	0,0293
60	0,8797	5,0340	241	11	0,0256
65	0,8729	4,6395	244	9	0,0513
70	0,8435	6,6384	248	15	0,0630

Hubungan antara suhu reaksi dengan biodiesel yang dihasilkan bisa dilihat dari gambar berikut ini :



**Gambar 1. Grafik Hubungan antara suhu reaksi dan hasil biodiesel**

Dari gambar diatas diperoleh persamaan hubungan antara suhu reaksi dan biodiesel yang dihasilkan:

$$y = 0,001x^3 - 0,261x^2 + 16,09x - 222,5$$

dengan : y = hasil biodiesel, %  
x = suhu reaksi

Persamaan berlaku untuk suhu reaksi berkisar antara 45-70 °C dan mempunyai tingkat kekekamaan sebesar 0,905.

Dari tabel 1 dan gambar 1 dapat dilihat bahwa kuantitas biodiesel terbesar diperoleh pada suhu reaksi 55 °C. Apabila suhu dinaikkan atau dikurangi, maka terjadi penurunan kuantitas hasil biodiesel. Ditinjau dari segi kinetika molekular, peningkatan temperature akan mempengaruhi peningkatan tumbukan- tumbukan antar molekul reaktan. Peningkatan tumbukan yang terjadi antar molekul reaktan akan memungkinkan semakin besarnya konversi reaktan asam lemak bebas dan etanol menjadi etil ester. Hal ini menyebabkan asam lemak bebas yang terkonversi menjadi etil ester semakin besar, sehingga perolehan etil ester semakin tinggi. Namun pada suhu reaksi di atas 55 °C kenaikan suhu reaksi mengakibatkan gerakan molekul yang terlalu cepat sehingga tumbukan antar molekul reaktan menurun. Dampaknya terjadi penurunan perolehan biodiesel pada suhu di atas 55 °C.

Dari hasil analisa, diperoleh rapat massa biodiesel berkisar antara 843,5- 888,5 kg/m<sup>3</sup>. Dibandingkan dengan standar mutu rapat massa biodiesel yang berkisar antara 850 – 890 kg/m<sup>3</sup>, berarti sebagian besar memenuhi spesifikasi. Hanya suhu reaksi 70 °C yang tidak memenuhi standar. Sedangkan standar mutu untuk viskositas berkisar antara 2,3 – 6,0 sehingga hanya viskositas yang diperoleh 70 °C yang tidak memenuhi standar. Standar mutu flash point, cloud point dan angka asam untuk biodiesel adalah minimal 100 oF,



maksimal 18 °C dan maksimal 0,8 mg KOH/g. hasil uji *flash point*, *cloud point* dan angka asam menunjukkan bahwa semua sampel memenuhi standar mutu biodiesel. Dengan demikian bisa disimpulkan biodiesel yang memenuhi spesifikasi standar mutu dihasilkan pada suhu reaksi antara 45 – 65 °C dan kuantitas terbesar diperoleh pada suhu reaksi 55 °C.

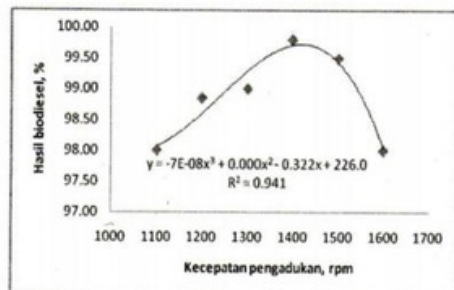
### B. Pengaruh Kecepatan pengadukan

Variabel ketiga yang dilakukan adalah kecepatan pengadukan. Percobaan dilakukan selama 2 jam, suhu 55 °C dengan jumlah minyak kelapa 200 ml, etanol 50 ml, katalis KOH 1,7 gram, dan kecepatan pengadukan yang berbeda-beda, berkisar antara 1100-1600 rpm. Kuantitas biodiesel yang diperoleh beserta sifat fisisnya tertera pada tabel berikut.

**Tabel 2. Hasil analisa sifat biodiesel pada variasi kecepatan pengadukan**

Kecepatan (rpm)	rapat massa (kg/L)	Viskosi-tas (mm <sup>2</sup> /s)	Flash Point (°F)	Cloud point (°C)	angka asam
1100	0,8826	5,0396	248	12	0,03667
1200	0,8728	5,5268	248	12	0,02933
1300	0,8885	4,4919	244	9	0,02933
1400	0,8846	4,3638	248	9	0,04400
1500	0,8826	3,8454	237	9	0,03667
1600	0,8846	4,3823	226	12	0,03740

Hubungan antara kecepatan pengadukan dengan biodiesel yang dihasilkan bisa dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 2. Grafik Hubungan Antar Kecepatan pengadukan dan Hasil Biodiesel**

Hubungan antara kecepatan pengadukan dengan biodiesel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$y = -7.10 \cdot 8x^3 - 0.322x + 226$$

dimana y = hasil biodiesel, %

x = Kecepatan Pengadukan, rpm

Persamaan ini hanya berlaku untuk harga x = 1100 rpm sampai x = 1600 rpm dengan tingkat keseksamaan  $R^2 = 0.941$ .

Dari tabel 2 dan gambar 2 terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan, sampai 1400 rpm, maka hasil biodiesel yang diperoleh semakin banyak. Hal ini dikarenakan oleh adanya kontak antara zat yang bereaksi semakin besar sehingga hasil akan bertambah besar. Pada pengadukan diatas 1400 rpm terjadi penurunan hasil biodiesel. Kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi justru menyebabkan penurunan terjadinya tumbukan antar molekul reaktan. Kecepatan pengadukan optimal yang diperlukan dalam transesterifikasi minyak kelapa yang efektif adalah 1400 rpm dengan hasil biodiesel sebesar 99,8 %.

Nilai rapat massa paada semua variasi kecepatan pengadukan yang tertera di tabel 9 relatif sama dengan memnuhi standar mutu biodiesel. Berarti kecepatan pengadukan tidak mempengaruhi nilai rapat massa. Sedangkan nilai viskositas yang dihasilkan turun dari kecepatan 1100 rpm sampai 1500 rpm dan pada kecepatan 1600 rpm naik. Semua viskositas memenuhi standar mutu biodiesel. Berarti kenaikan kecepatan pengadukan akan menurunkan viskositas biodiesel sampai sampai batas kecepatan tertentu. Viskositas optimal pada penelitian ini diperoleh pada kecepatan 1500 rpm. Sedangkan hasil uji *flash point*, *cloud point* dan angka asam menunjukkan bahwa pada kecepatan 1100 – 1600 rpm hasil biodiesel memenuhi standar mutu biodiesel. Dengan demikian bisa disimpulkan bahwa reaksi transesterifikasi yang dijalankan pada kecepatan pengadukan antara 1100 – 1600 rpm menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar mutu. Kuantitas terbesar diperoleh pada kecepatan 1500 rpm.

### C. Nilai Kalor

Nilai kalor dihitung dengan persamaan hubungan antara *gross heating value* dengan *specific gravity*. Dari tabel diatas diperoleh nilai kalor rata-rata sebesar 18.252,88 btu/lb atau sebesar 8762,12 kal/kg. Uji sampel solar (Edy Purwanto dkk, 2006) menyatakan nilai kalor solar 10,860 kal/kg. Berarti nilai kalor biodiesel dari minyak kelapa mendekati nilai kalor solar.

### Kesimpulan

1. Minyak kelapa dapat diubah menjadi biodiesel dan digunakan sebagai energy alternatif pengganti solar dengan proses transesterifikasi.
2. Pengaruh variabel proses terhadap kuantitas biodiesel yang dihasilkan bisa dilihat pada persamaan berikut :
  - a. Persamaan hubungan antara suhu dan biodiesel yang dihasilkan :
$$y = 0,001x^3 - 0,261x^2 + 16,09x - 222,5$$
Persamaan yang berlaku untuk rasio berkisar antara 45-70 °C dan mempunyai tingkat kesaksamaan sebesar 0,905
  - b. Hubungan antara kecepatan pengadukan yang digunakan dengan hasil biodiesel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$y = -7,10 - 8x^3 - 0,322x + 226$$

Persamaan ini berlaku untuk harga  $x = 1100-1600$  rpm dengan  $R^2 = 0,941$ .

3. Hasil biodiesel yang relative baik dan yang masuk dalam spesifikasi standard an mutu biodiesel, diperoleh pada suhu reaksi 45-55 °C dan kecepatan pengadukan 1100-1600 rpm. Hasil biodiesel terbaik diperoleh pada suhu 55 °C dan kecepatan pengadukan 1400 rpm.

### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kepada Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Angraini, A.A., 2001, *Prospect of Vegetable Oil for Tecnichal Utilization in Indonesia*, International Biodiesel Workshop, Medan.
- Ardiyanti, A.R., dan Utomo, J., 2003, *Pengaruh Kejenuhan Minyak, Jenis dan Jumlah Katalis Basa NaOH, KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, serta Jenis dan Jumlah alkohol (Metanol dan Etanol) pada Produksi Biodiesel*, Prosiding Seminar Teknik Kimia Indonesia 2003, Yogyakarta, hal : KR27-1 – KR27-6.
- Fukuda, H., Hama, S., Tamalampudi, S., dan Noda, H., Whole-cell biocatalysts for biodiesel fuel production, *Trend in Biotechnology*, Volume 26, Issue 12, December 2008, Pp.668-673.
- Hamid, T. dan Hertanto, Y., 2003, *Preparasi Biodiesel dari minyak Kelapa "BARCO" dengan variasi Jumlah NaOH*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V 2003, Semarang.
- Harding, K.G., Dennis, J.S., Von Blottnitz, H., Harrison, S.T.L., 2007, A Life-cycle comparison between inorganic and biological catalysis for the production of biodiesel, *Journal of Cleaner Production* 16 (2007) 1368-1378.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1980, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 9, 3th edition, John Wiley and Sons, New York, page : 306-308.
- Ma, F. and Hanna, M. A., 1999, *Biodiesel Production : A Review*, Elsevier Science B. V.
- Makertihartha, IGBN, 2005, *Pengembangan Katalis Lempung Aktif untuk Sintesis Biodiesel*, Prosiding Seminar Rekayasa dan Proses 2005, Semarang.
- Noiroj, K. dkk 2008, A comparative study of KOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterifikasi from palm oil, *Renewable Energy xxx* (2008) 1-6.
- Prakoso, T. dkk, 2003, *Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dalam CPO untuk Produksi Metil Ester*, Prosiding Seminar Rekayasa dan Proses 2003, Semarang.
- Prasetyo, H., 2002, *Memuji Penghapusan Subsidi BBM dan Perencanaan Konservasi Energi* 2004, [www.bbmwatch.com](http://www.bbmwatch.com)
- Puppung, P.L., 1985, *Beberapa Minyak Nabati yang memiliki Potensi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Motor Diesel*, Lembaran Publikasi LEMIGAS No.4, hal : 34-35.
- Purwanto, E., Setyoprato, P. dan Wijaksono, H., 2006, *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Memakai Katalis NaOH, Ekstrak* (Jurnal Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia), Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya, hal :12-16.
- Silva, R.B., *Catalysts of Cu(II) and Co(II) ions adsorbed in chitosan used in transesterification of soy bean and babassu oils- A new route for biodiesel syntheses*, *Bioresource Technology* 99 (2008) 6793-6798.
- Suhartono dkk, 2001, *Minyak Goreng Bekas sebagai Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi*, Prosiding Seminar Nasional Kejuangan Teknik Kimia 2001, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN, Yogyakarta, hal :C20-1- C20-6.
- Susilo, B., 2006, *Inovasi & Teknologi Biodiesel*, Trubus Agrisarana, Surabaya.

- Swern, D., 1982, *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, Vol.2, 4 th edition., John Wiley and Sons, New York, page : 130-133.
- Tilani Hamid and Yudhi Hertanto, 2003, *Preparasi Biodiesel dari Minyak Kelapa "BARCO" dengan Variasi Jumlah NaOH*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V, Semarang, hal : 1-8.
- Utomo, J., 2004, Studi pembuatan biodiesel sawit katalis asam-basa, *Prosiding STNPK VI* [www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com).

# PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN ETANOL DENGAN KATALISATOR KOH

ORIGINALITY REPORT

2%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	Rajiv Gandhi, M.. "Sorption behaviour of copper on chemically modified chitosan beads from aqueous solution", Carbohydrate Polymers, 20110130 <small>Crossref</small>	31 words — 1%
2	<a href="http://www.puspiptek.net">www.puspiptek.net</a> <small>Internet</small>	24 words — 1%

EXCLUDE QUOTES OFF  
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE MATCHES OFF